

BILAN D'UN SIECLE D'OBSERVATION DES SECHERESSES ET DES TYPES DE CIRCULATIONS ATMOSPHERIQUES ASSOCIEES A RENNES

V. DUBREUIL, O. PLANCHON

COSTEL LETG UMR 6554 CNRS – FR/IFR CAREN - Université Rennes 2

Place du Recteur H. Le Moal 35043 RENNES CEDEX, France

Vincent.dubreuil@univ-rennes2.fr, olivier.planchon@univ-rennes2.fr

Tél. : +33 (0) 299 141 838 ; Fax. : +33 (0) 299 141 895

Résumé. Cette étude vise à montrer la relation entre les données du bilan de l'eau à Rennes (Bretagne, France de l'ouest) et les types de situations atmosphériques observées sur la région. On utilise pour cela dans un premier temps les données homogénéisées de températures, précipitations et insolation disponibles pour la station de Rennes de 1880 à 2004 : le calcul de l'ETP Turc au pas de temps mensuel permet de montrer la variabilité interannuelle du bilan de l'eau. Les types de circulations atmosphériques ont été définis en utilisant la méthode de classification des types de circulations de Hess et Brezowsky. Les types anticycloniques représentent 47% des situations météorologiques avec un record de 71% en 1921. En été les types anticycloniques représentent 49% des situations en moyenne avec 10 années où la fréquence a dépassé 70%. Au total les corrélations entre les déficits annuels et la fréquence des situations anticycloniques sont significatives mais modestes : elles atteignent 0,51 pour l'année, 0,59 pour l'été, 0,46 pour le printemps et seulement 0,44 pour l'automne.

Mots clés : sécheresse, bilan de l'eau, types de circulation, Bretagne

Abstract. Secular observations of droughts and associated weather patterns in Rennes. The aim of this study is to show the relations between the water balance calculated in Rennes (Brittany, western France) and the weather patterns. Homogenized data series of temperature, precipitation and sunshine duration recorded at the weather station of Rennes for the 1880-2004 period were obtained in order to calculate the evapotranspiration according the Turc's formula at a monthly time-scale, and to show the interannual variability of the water balance. The atmospheric circulation patterns were identified using the Hess-Brezowsky classification. The results show that 47% of all circulation types were anticyclonic situations, including 71% of cyclonic situations in 1921. The proportion of anticyclonic situations was 49% in summer, including 10 years with a proportion of above 70%. Significant but small correlations were shown between water deficits and frequency of anticyclonic situations (year: 0.51; summer: 0.59; spring: 0.46; autumn: 0.44).

Key Words: drought, water balance, circulation types, Brittany

La sécheresse est une contrainte climatique sérieuse dans les régions de l'Ouest de la France, où l'agriculture a un poids économique important. Les sécheresses de la dernière décennie du XXème siècle, en particulier, ont mis en évidence la vulnérabilité des économies européennes en cas de déficits en eau (Lloyd-Hughes 2002). En Bretagne, par exemple, les principales activités agricoles (maïs et fourrages) ont été gravement affectées par les sécheresses des années 1989, 1990 et 2003. Des programmes internationaux tels que ARIDE (Assessment of the Regional Impact of Droughts in Europe : Stahl 2001) et WRINCLE (Water Resources: Influence of Climate change in Europe : Kilsby 2001) ont fait ressortir la nécessité d'une meilleure compréhension de la genèse des sécheresses en Europe. Cette contrainte est d'autant plus forte depuis une vingtaine d'années que la demande en eau a considérablement augmenté et que, certaines années (1989, 2003) le déficit en eau a été particulièrement marqué.

La reconstitution de séries historiques homogénéisées de données climatiques permet d'envisager une meilleure approche de la variabilité interannuelle du bilan de l'eau. En outre, la confrontation entre ces données hydriques et les types de configurations atmosphériques devrait permettre de mieux comprendre le lien entre la fréquence des épisodes secs et les situations synoptiques dans le cadre des études sur les changements globaux. Cette étude vise à préciser la relation existant entre les données du bilan de l'eau à Rennes et les types de situations atmosphériques observées sur la région pour la

période commune d'observation, soit 1881-2004. Elle s'inscrit dans le cadre des travaux réalisés au sein des programmes RICLIM (Les risques liés au Climat, GDR 2663 CNRS : http://www.uhb.fr/sc_sociales/riclim/), Fondation MAIF (Dynamique des masses d'air et risques climatiques) et PSDR-Climaster (<http://www.rennes.inra.fr/climaster/>).

1. Reconstitution historique du bilan de l'eau à Rennes

Le calcul du bilan de l'eau suppose de disposer de paramètres climatiques nombreux : températures, précipitations, rayonnement, vent, humidité sont notamment nécessaires pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle selon la méthode de Penman. De tels paramètres ne sont disponibles que pour un nombre limité de stations et sur des périodes relativement courtes. Pour une étude sur une longue période, il est nécessaire d'avoir recours à une méthode de calcul de l'ETP plus simple mais suffisamment représentative des conditions agro-météorologiques. Notre choix s'est donc porté sur la méthode de Turc qui permet un calcul de l'ETP à partir des seules données de températures et d'insolation. Ces deux types de données (ainsi que les précipitations) présentent l'intérêt d'avoir été déjà testées et homogénéisées sur de longues périodes et, pour les données manquantes (d'insolation notamment) une reconstitution statistique est possible.

Nous avons donc utilisé les données homogénéisées de températures et précipitations disponibles pour la station de Rennes de 1881 à 2004 (Moisselin et al., 2002). Pour l'insolation, la série homogénéisée ne débute qu'en 1923 et nous avons reconstruit la série 1881-1922 à partir de la formule suivante :

Durée mensuelle d'insolation (en heures) = $26.88 \cdot (T_x - T_n) - 963$

Avec T_n : moyenne mensuelle des températures minimales et T_x : moyenne mensuelle des températures maximales. Cette relation a été obtenue en comparant les données d'insolation mesurées pour la période 1961-1990 avec celles estimées, la corrélation entre les deux séries étant très élevée ($R^2 = 0.85$).

Le calcul du bilan de l'eau a ensuite été réalisé en prenant un modèle de réserve utile unique fixée à 125 mm et en appliquant une décroissance logarithmique classique de la réserve utile au cours de la période déficitaire. Le calcul de l'ETP Turc au pas de temps mensuel permet de montrer la variabilité interannuelle du bilan de l'eau ainsi que la fréquence et l'intensité des périodes de déficit hydrique (définies par la différence entre l'ETP et l'ETR). Cet indicateur de sécheresse permet de caractériser non seulement chacun des mois mais aussi les saisons et les années en cumulant les valeurs mensuelles.

La figure 1 montre la chronologie des déficits de 1881 à 2004. La moyenne du déficit annuel s'établit à 178mm avec un maximum de 418mm en 1989 et un minimum de 23mm en 1882. La saison où le déficit est le plus intense est bien sur l'été avec un déficit moyen de 128mm (de 8 mm en 1882 à 272 mm en 1949). Le printemps présente des valeurs légèrement plus faibles (moyenne de 20mm avec un maximum de 105mm en 1893) que l'automne (déficit moyen de 30mm avec un record historique de 136mm en 1921). Pendant cette période, 12 années ont connu un déficit supérieur à 300mm et 4 un déficit estival supérieur à 250mm. On peut différencier les années où le déficit a plutôt été un déficit précoce (printemps-été) comme 1893, 1943 ou 1976, de celles où la sécheresse a été plutôt tardive (été-automne) comme 1959 ou 1985. Certaines années se distinguent plutôt comme des années de sécheresse intense essentiellement estivale (1906, 1949 ou plus récemment 2003) alors que les années particulièrement remarquables comme 1921 ou 1989 sont marquées par une période de déficit à la fois intense et prolongée.

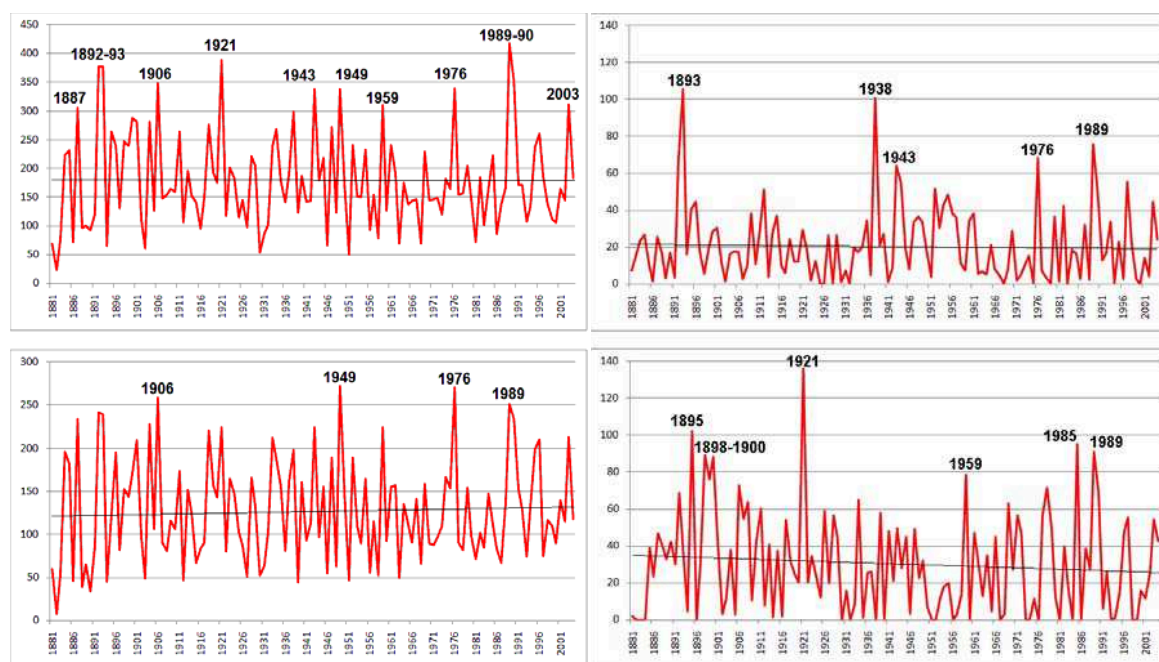


Figure 1 : Déficit d'évaporation annuel et saisonnier ($DE = ETP - ETR$ en millimètres) à Rennes de 1881 à 2004 : cumul annuel en haut à gauche ; cumul printanier (mars, avril, mai) en haut à droite ; cumul estival (juin, juillet, août) en bas à gauche ; cumul automnal (septembre, octobre, novembre) en bas à droite

2. Analyse des types de circulation

On associe généralement les sécheresses dans le nord-ouest de la France à la persistance de zones de haute pression de surface sur l'ouest et / ou l'Europe centrale. Dans ce type de configuration, les perturbations météorologiques sont déviées vers le nord et l'absence ou la rareté de passages pluvieux entraîne un déficit plus ou moins prolongé. Une première étude (Dubreuil, 2004) avait ainsi montré (pour la période 1951-1980) une coïncidence particulièrement nette (plus de trois cas sur quatre) entre conditions anticycloniques et décades sèches pour les mois de juin, septembre et octobre. Au contraire, la présence anticyclonique était proportionnellement moins forte en juillet et en août. Basée sur une définition subjective des types de temps et sur une période réduite, une autre approche a été retenue pour cette étude.

A cette échelle régionale, l'étude statistique de la succession des types de circulations atmosphériques et de son évolution depuis un siècle a été menée en utilisant la méthode de classification des types de circulations de Hess et Brezowsky. Cette méthode est fréquemment utilisée pour caractériser la circulation atmosphérique et sa variabilité sur l'Océan Atlantique Nord et l'Europe: Gerstengarbe et Werner (2005), Kysely et Huth (2006). Le catalogue des Grosswetterlagen (GWL) quotidiens a été utilisé pour diverses études statistiques (Bárdossy et Caspary 1990 ; Klaus 1993), mais aussi plus spécifiquement sur des recherches portant sur les sécheresses en Europe (Stahl 2001). Cette méthode repose sur la distribution du champ de pression au niveau de la mer et du géopotential à 500 hPa au-dessus de l'Océan Atlantique Nord et de l'Europe, et identifie trois groupes de types de circulations (zonal, mixte et méridien), divisés en 29 sous-types (Grosswetterlagen ou GWL).

La figure 2 montre la fréquence annuelle des types de situations classées comme anticycloniques par la méthode Hess et Brezowsky. Précisément l'ensemble des situations WA, SWA, NWA, HM, BM, NA, HNA, HB, NEA, HFA, HNFA, SEA et SA ont été rassemblées dans un type « anticyclonique » pour construire cette figure. Ces types anticycloniques représentent en moyenne annuelle 47% des situations météorologiques avec un record de 71% en 1921 et un total de 6 années où ce pourcentage a dépassé 60%. En été les types anticycloniques représentent 49% des situations en moyenne avec 10 années où la fréquence a dépassé 70% dont l'année 2003, la seule où le seuil de 80% a été (de peu) dépassé ! La fréquence des situations anticycloniques est légèrement plus faible au printemps (45%) avec seulement 5 années où le seuil de 70% est dépassé. Enfin, l'automne est marqué

par la fréquence la plus élevée (près de 50% en moyenne) avec 9 années où le taux de 70% a été dépassé dont l'année 1908 où la fréquence a dépassé 82% de situations anticycloniques.

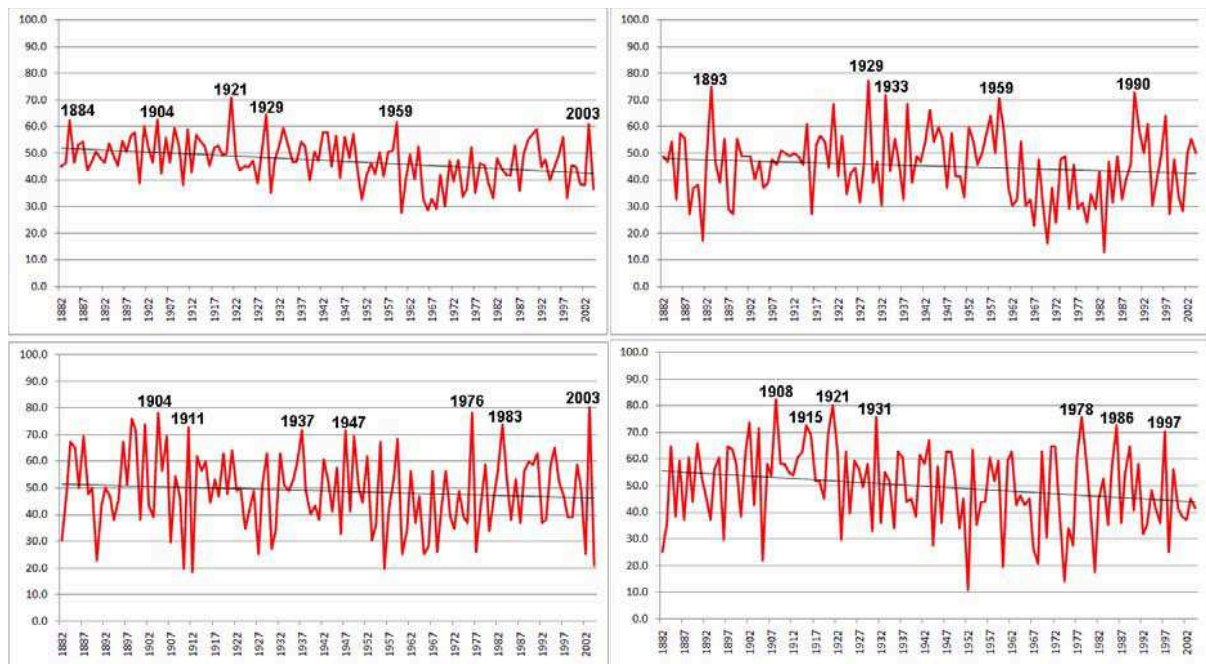


Figure 2 : Fréquence des types de situations anticycloniques (méthode Hess et Brezowsky) de 1882 à 2004 : pourcentage annuel en haut à gauche ; printanier (mars, avril, mai) en haut à droite ; estival (juin, juillet, août) en bas à gauche ; automnal (septembre, octobre, novembre) en bas à droite

3. Années sèches et années anticycloniques : une correspondance partielle

L'analyse individuelle des principales années sèches montre que, globalement, les déficits les plus forts ont coïncidé avec un pourcentage élevé de situations anticycloniques. C'est notamment le cas pour les années et automnes 1921 et 1959, les étés 1976 et 2003, les printemps 1893 ou 1989-1990. Les situations anticycloniques offrent des conditions dynamiques favorables aux temps ensoleillés avec des passages nuageux et des épisodes pluvieux modestes. Ceci est d'autant plus vrai que la localisation des centres d'action anticycloniques favorisent les flux de sud ou d'est sur la région, les faibles pluies s'accompagnant alors de temps chaud et sec favorable à un creusement du déficit hydrique. Il convient également de préciser que, les sécheresses pluri-saisonnières (1921, 1976, 1989) ont été associées à une grande diversité des configurations synoptiques et pas à un seul type de situation anticyclonique.

Cependant certains déficits record ne coïncident pas avec des fréquences très élevées de situations anticycloniques comme les étés 1906 ou 1949. A l'opposé, les étés 1911 ou 1983, fortement anticycloniques apparaissent peu déficitaires. C'est surtout au printemps et en automne que la situation est moins concordante : ainsi les fortes fréquences anticycloniques des printemps 1929 et 1933 ne sont associées qu'à des déficits moyens (moins de 30mm) ; la même remarque vaut pour les automnes 1915 et 1931. Au total les corrélations entre les déficits annuels et la fréquence des situations anticycloniques sont significatives mais modestes : elle atteint 0,51 pour l'année, 0,59 pour l'été, 0,46 pour le printemps et seulement 0,44 pour l'automne.

Bien sur le pas de temps saisonnier retenu ici (pertinent pour le bilan de l'eau) peut masquer une grande diversité de situations synoptiques journalières. Au cours des périodes sèches on note souvent une proportion non négligeable de types de temps perturbés d'ouest ou de sud-ouest : ces situations, même brèves, peuvent apporter des hauteurs d'eau suffisamment importantes pour combler ou masquer le déficit en eau. A l'inverse des périodes prolongées de situations cycloniques peuvent en fait cacher une proportion importante de phénomènes n'apportant qu'une quantité limitée d'eau : la présence de fronts et de traînes peu actifs ne suffisent pas alors à compenser un déficit hydrique préalable.

Enfin, l'étude des tendances entre les deux types de données présente des évolutions contradictoires. Ainsi, les déficits montrent une tendance légère à la diminution pour l'automne, une stabilité au printemps, une légère augmentation pour l'été et un bilan annuel quasiment stable sur plus d'un siècle. L'augmentation du déficit estival souligné par plusieurs études est surtout marquée pour la période récente (1960-2000) et concerne moins les valeurs les plus élevées (qui étaient aussi fréquentes il y a un siècle) que la fréquence des faibles déficits qui tendent à se faire plus rares. Si cette évolution récente du régime hydrique des régions océaniques est liée à une tendance climatique de grande ampleur dépassant le cadre géographique de l'Europe occidentale (comme cela est montré par la plupart des scénarios de changement climatique global : Stahl, 2001 ; IPCC, 2007), ses effets pourraient alors poser de sérieux problèmes sur les espaces voués à l'agriculture intensive.

Cependant la proportion de situations anticycloniques montre en toute saison (comme sur l'ensemble de l'année : -10%) une nette tendance à la baisse ; celle-ci est surtout plus marquée pour l'automne où elle dépasse 10% sur les 120 années d'études. C'est cependant la seule saison où on observe une convergence entre la tendance du déficit et la tendance des situations atmosphériques. Les interprétations peuvent être multiples :

- Tout d'abord, le jeu de données de situations atmosphériques utilisé peut comporter des biais. Dans le cadre du programme COST-733, P. James (2007) a développé une version objective (automatique) de la méthode de Hess et Brezowsky, qui présente notamment l'avantage d'être plus largement utilisable sur l'ensemble de l'Europe et disponible au pas de temps quotidien depuis 1850. Cependant cette dernière classification n'a pas encore pu être utilisée dans cette étude comparative avec les données du bilan de l'eau mais le sera prochainement.
- La méthode Hess-Brezowsky, mise au point en Allemagne et initialement prévue pour l'étude des conditions météorologiques, leur variabilité et leurs impacts sur ce même pays et les pays voisins d'Europe centrale (République Tchèque : Kysely et Huth, 2006 ; Suisse : Fallot, 2000), est peut être ici aux marges de son domaine de validité. Cette étude sera reprise en utilisant la version objective de P. James, afin d'en vérifier la validité sur l'ouest de la France.
- Ensuite, nous l'avons vu, une situation anticyclonique n'est pas forcément synonyme de déficit hydrique important. Ce qui est vrai à l'échelle d'une année l'est vraisemblablement à l'échelle séculaire et permet de ne pas lier automatiquement les deux phénomènes, surtout lorsque les tendances sont peu marquées. Développée au pas de temps quotidien, la méthode Hess-Brezowsky est efficace pour des études d'événements météorologiques observés et enregistrés au même pas de temps, par exemple les événements pluvieux (Corgne *et al.*, 2007) ou de gel (Quénol *et al.*, 2009), ou encore l'enneigement (Wahl *et al.*, 2009). L'application de la méthode objective de P. James devrait permettre de vérifier si la mauvaise adéquation des pas de temps est une des causes des corrélations faiblement significatives entre les situations anticycloniques et les déficits hydriques mesurés à Rennes.

Conclusion

L'étude des longues séries de données du bilan de l'eau à Rennes couplée à celle des types de circulations atmosphériques sur l'Europe montre la complexité de l'explication des intensités et des fréquences des sécheresses dans la France océanique. Certes, les sécheresses, comme les crues hivernales récentes, s'inscrivent, depuis le milieu des années 70, dans une tendance à l'accentuation du contraste pluviométrique saisonnier, liée à une augmentation des précipitations hivernales et une diminution des pluies d'été observée dans l'ouest de la France (Dubreuil *et al.*, 1998) comme dans les îles Britanniques (Mayes, 1996 ; Kiely, 1999). Durant la période 1961-2003 notamment, les sécheresses sont devenues plus fréquentes en été. Mais le lien entre fréquence des situations anticycloniques saisonnières et ampleur du déficit hydrique mesuré est loin d'être aussi simple et nécessite des études complémentaires sur d'autres stations (plus intérieures) et d'autres pas de temps (mois, décades).

Bibliographie:

- Bardossy, A., Caspary, H.J. 1990: Detection of climate change in Europe by analysing European atmospheric circulation patterns from 1881 to 1989. *Theoretical and Applied Climatology*, **42**, 155-167
- Corgne, S., Quénot, H., Planchon, O., and Corpetti, T. 2007: Climate impact on the winter land use and land cover management in Brittany. In Dobesch, H., Dumolard, P. and Dyras, I.: *Spatial Interpolation for Climate Data, The use of GIS in climatology and meteorology*, chap. 18. ISTE Ltd, London (UK), 227-241
- Dubreuil, V., Mounier, J., Lejeune, C., 1998: L'accentuation récente du déficit estival dans la France océanique. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, **11**, 151-157
- Dubreuil, V., 2005 : Un risque climatique à géographie variable : la sécheresse dans la France de l'ouest. In *Les risques climatiques*, sous la direction de D.Lamarre, Belin-Sup, GDR RICLIM, 147-173
- Fallot, J.M., 2000: Evolution du nombre de jours avec des précipitations abondantes en Suisse durant le 20^e siècle. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, **13**, 100-109
- Gerstengarbe, F.W., Werner, P.C., 2005: *Katalog der Grosswetterlagen Europas (1881-2004)*. PIK Report, **100**, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, 153 p.
- IPCC, 2007: *Climate change 2007. The physical science basis*. Cambridge University Press, 996 p.
- Hess, P., Brezowsky, H., 1952: *Katalog der Grosswetterlagen Europas*. Bibliothek des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone, **33**, 39 p.
- James, P.M., 2007. An objective classification for Hess and Brezowsky Grosswetterlagen over Europe. *Theoretical and Applied Climatology*, **88**, 17-42
- Kiely, G., 1999: Climate change in Ireland from precipitation and streamflow observations. *Advances in Water Resources*, **23**, 141-151
- Kilsby, CG. (editor), 2001: *Water Resources: Influence of Climate change in Europe ENV4-CT97-0452*. Water Resource Systems Research Laboratory, University of Newcastle, Newcastle-Upon-Tyne, UK, 96 pp.
- Klaus, D., 1993: Zirkulations- und Persistenzänderungen des Europäischen Wettergeschehens im Spiegel der Grosswetterlagenstatistik. *Erdkunde*, **47**, 85-104
- Kysely, J., Huth, R., 2006: Changes in atmospheric circulation over Europe detected by objective and subjective methods. *Theoretical and Applied Climatology*, **85**, 19-36
- Lecerf, R., Planchon, O., Dubreuil, V., Hubert-Moy, L., 2008 : Impact de la variabilité climatique sur la dynamique de la végétation par télédétection moyenne résolution à l'échelle régionale : le cas de la Bretagne. *XXI^e Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Montpellier, septembre 2008, p.385-390
- Lloyd-Hughes, B., 2002: *The long-range predictability of European drought*. Doctoral thesis, University of London, 203p.
- Mayes, J., 1996: Spatial and temporal fluctuations of monthly rainfall in the British Isles and variations in the mid-latitude westerly circulation. *International Journal of Climatology*, **16**, 585-596.
- Moisselin, J.M., Schneider, M., Canellas, C., Mestre, O., 2002 : Changements Climatiques en France au 20^{ème} siècle. Étude des longues séries de données homogénéisées françaises de précipitations et températures. *La Météorologie*, **38**, 45-56
- Planchon, O., Dubreuil, V., Bernard, V., Blain, S., 2008: Contribution of tree-ring analysis to the study of droughts in northwestern France (XIX-XXth century). *Climate of the past Discussion*. **4**, 249-270
- Quénot, H., Planchon, O., Wahl, L., 2009: Méthodes d'identification des climats viticoles. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, **51**, 127-137
- Stahl, K., 2001: *Hydrological drought: A study across Europe*. Doctoral thesis, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, 122p.
- Wahl, L., Planchon, O., David, P.M., 2009: Characteristics and seasonal evolution of firns and snow cornices in the High Vosges mountains (eastern France). *Erdkunde*, sous presse